

Таблица 5

|  |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|
| Температура воздуха, °С                            | 30  | 20  | 15  | 10  |
| Температура заливной сероасфальтбетонной смеси, °С | 140 | 145 | 150 | 155 |

## Литература

1. А.Х.Уроков. "Технологии ремонта и технического обслуживания автомобильных дорог". (2019).
2. Садыков Ибрагим Салихович, Тилаков Сухроб Мухаммадиевич, М. А. Т. "Анализ зарубежного опыта применения литого сероасфальтбетона в условиях Узбекистана". Проблемы архитектуры и строительства 1, 35-37 (2022).
3. Н.Ахмад. "A laboratory Studio of the use of Sulfur in sand-asphalt mixes for flexible Pavement". 175 (1974).
4. Иванов Владимир Борисович, Валиев Тагир Шарифьянович, Козлов Валерий Семенович. "RU 2 452 748 K1 поможет получить серобитум". 1–11 (2012).
5. Василев Юрий Эммануилович, Мотин Николай Васильевич, Шубин Александр Николаевич. "RU 2 554 585 K2-возможность получения модифицированной серии". 1–7 (2015).
6. ГОСТ 22245-90. "Битумные нефтяники дорожают". 69–77 (1991).
7. ГОСТ 9128-2013. "Смеси асфальтобетонные, полимера асфальтобетонные, асфальтобетонные, полимера асфальтобетонные для автомобильных дорог и аэродромов". 1–54 (2019).
8. "ТУ 5718-001-53737504-03 Смеси сероасфальтобетонные литые и литые сероасфальтобетонные технические условия". 1–12 (2003).

УДК 625.85.06

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ МАЛОШУМНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО БИТУМА НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СИНУСОИДАЛЬНЫХ НАГРУЗОК

Р. А. Пахолак

Белостокский технический университет,  
ул. Wiejska 45E, 15-333, г. Белосток, Республика Польша, r.pakholak@doktoranci.pb.edu.pl

Целью данного исследования является оценка поведения асфальтобетонных смесей с пониженным уровнем шума на воздействие синусоидальных нагрузок методом ИТ-СУ (*Indirect Tension - Cylindrical specimen*). Результаты, полученные при помощи данного метода, имеют высокую корреляцию с результатами в реальных условиях. Исследование показало, что каждый из модификаторов увеличивает модуль жесткости малошумных асфальтобетонных смесей во всем диапазоне анализируемых температур, тем самым продлевая долговечность дорожного покрытия.

**Ключевые слова:** модифицированный битум, резиновая крошка, сополимер СБС, модуль жесткости.

Постоянное развитие техники и технологий увеличивает нагрузку на автомобильные дороги и вносит свой негативный вклад в воздействие транспорта на окружающую среду [1]. При высоких скоростях движения транспортного средства (более 50 км/ч) шум в значительной степени создается вблизи плоскости контакта шины с поверхностью покрытия [2]. На него влияют тип и состояние дорожного покрытия, используемые

материалы, а также технология устройства покрытия. До недавнего времени самым популярным решением для борьбы с чрезмерным шумом было использование шумозащитных экранов, что неизбежно влекло за собой высокие затраты на их строительство и обслуживание. Поэтому во многих странах Европы для устройства слоя износа все чаще используются шумопоглощающие асфальтобетонные смеси, снижающие уровень шума в плоскости контакта шина/покрытие. К таким смесям относят [3]: пористый асфальтобетон PA (*Porous Asphalt*), тонкие и сверхтонкие слои асфальтобетона ВВТМ и ВВУМ (*Béton Bitumineux Très Mince* и *Béton Bitumineux Ultra Mince*), щебеночно-мастичный асфальтобетон SMA (*Stone Mastic Asphalt*) с максимальным размером зерна 5(8) мм и щебеночно-мастичный асфальтобетон SMA LA (*Lärmarm*) оптимизированный с точки зрения уровня шума.

#### **Использованные материалы и программа исследования**

Для проведения исследования выбрано следующие вяжущие вещества:

- битум 50/70;
- битум 50/70 модифицированный 5% сополимером СБС (обозначение СБС-5);
- битум 50/70 модифицированный 10% резиновой крошки (обозначение РК-10).

Для оценки влияния типа модификатора на модуль жесткости малошумных асфальтобетонных смесей было отобрано 3 типа смесей с максимальным размером зерен 8 мм:

- щебеночно-мастичный асфальтобетон SMA8;
- пористый асфальтобетон PA8;
- щебеночно-мастичный асфальтобетон, оптимизированный с точки зрения уровня шума SMA8 LA. Гранулометрический состав смесей приведен на рисунке 1.

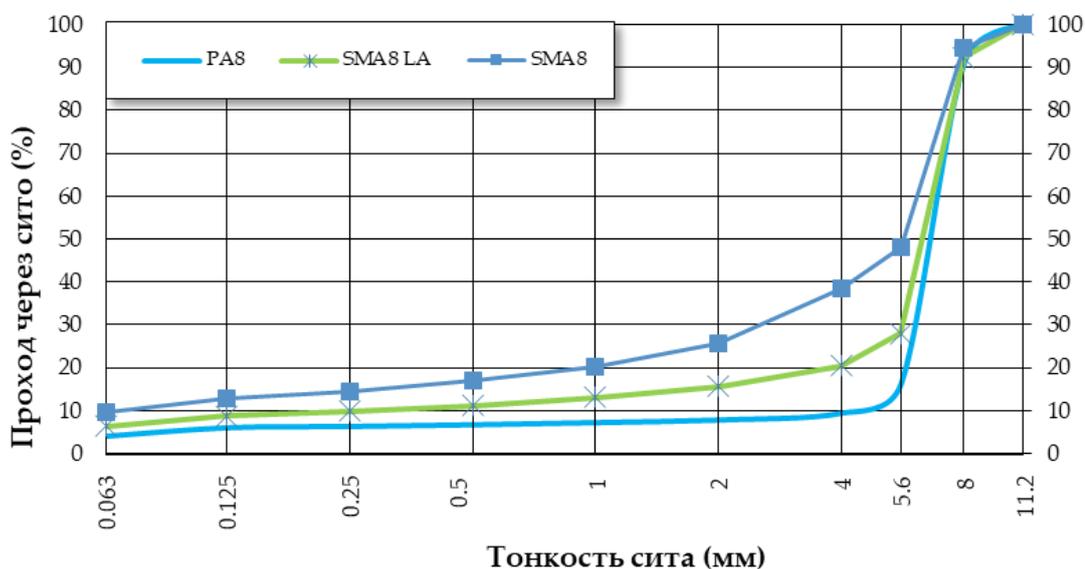


Рис. 1. Кривые гранулометрического состава асфальтобетонных смесей

Определение модуля жесткости при непрямом растяжении методом ИТ-СУ проводились в соответствии с требованиями стандарта EN 12697-26. Модули жесткости были определены в широком диапазоне положительных температур: 5°C, 15°C и 25°C. Цилиндрические образцы высотой  $63,5 \pm 2,5$  мм были уплотнены в автоматическом уплотнителе по схеме Маршалла по 50 ударов с каждой стороны. Образцы были подвергнуты пятикратной динамической нагрузке, приложенной вертикально, вдоль формы вала. Время увеличения силы от нуля до максимального значения составило  $0,124 \pm 0,4$  с. Согласно вышеупомянутому стандарту, время задержки между последовательными импульсами нагрузки составляло  $3,0 \pm 0,1$  с, а максимальная сила

вызывала горизонтальное смещение образца на  $5 \pm 2$  мкм. Затем образец поворачивался на  $90^\circ$  относительно горизонтальной оси, и определения повторялись.

Величина модуля жесткости ИТ-СУ была определена в соответствии с формулами 1 и 2:

$$S_{IT-CY} = \frac{F \cdot (v + 0,27)}{z \cdot h}, \text{ МПа} \quad (1)$$

$$v = 3,59 \frac{z}{\Delta V} - 0,27 \quad (2)$$

где:  $F$  – максимальная сила, приложенная к образцу (Н),

$z$  – амплитуда горизонтального перемещения образца при нагружении (мм),

$h$  – высота образца (мм),

$v$  – коэффициент Пуассона,

$\Delta V$  – максимальное вертикальное перемещение образца (мм).

### Результаты испытаний

Подробные результаты испытаний асфальтобетонных смесей, используемых в исследовании описаны в публикациях [4, 5], в то время как значения модулей жесткости, определенные методом ИТ-СУ представлены на рисунке 2.

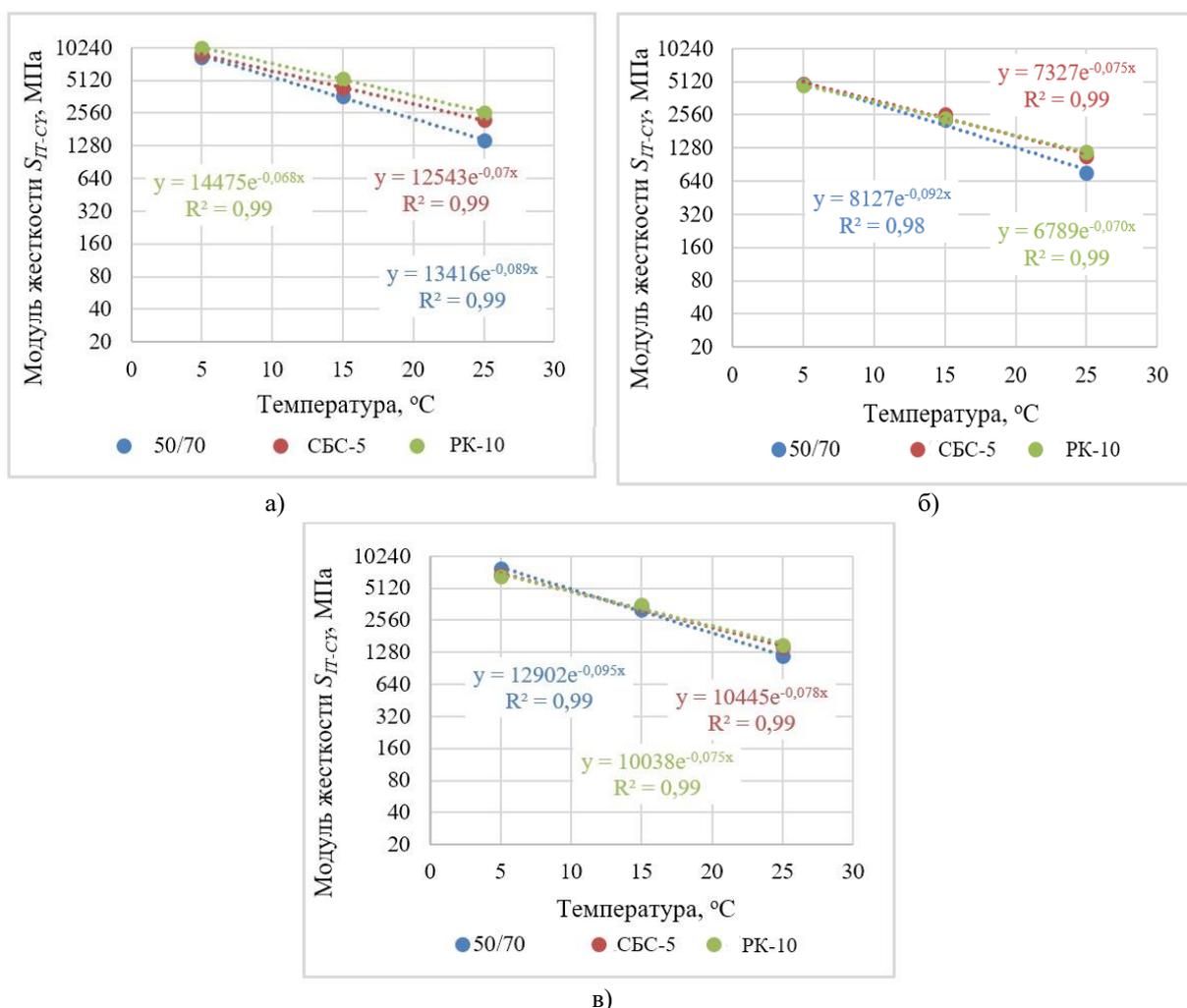


Рис. 2. Модули жесткости ИТ-СУ в зависимости от температуры и вида вяжущего для асфальтобетонных смесей типа: а) SMA8, б) PA8, в) SMA8 LA

На основании результатов испытаний, представленных на рис. 2 установлено, что тип смеси, вид битума и температура испытания оказывают значительное влияние на значения модулей жесткости, определенных методом ИТ-СУ. При температуре  $15^\circ\text{C}$ , принятой для

механистического анализа расчетов усталостной долговечности конструкций дорожных одежд, наибольшие значения модуля жесткости были получены для щебеночно-мастичных смесей SMA8 с битумом модифицированным 10% резиновой крошки (5314 МПа), а наименьшие для смеси РА8 с немодифицированным битумом 50/70 (2068 МПа).

Большинство асфальтобетонных смесей имеют повышенную температурную чувствительность при использовании в качестве вяжущего битума 50/70 (наибольший угол наклона кривой к оси абсцисс). С другой стороны, самая низкая температурная чувствительность была характерна для асфальтобетонных смесей приготовленных с использованием битумов модифицированных СБС-5 и РК-10.

При увеличении температуры с 5°C до 25°C модуль жесткости асфальтобетонных смесей снижается. Так при температуре 5°C наибольшие значения модулей жесткости получены при модификации битума 5% полимером СБС. Например, в асфальтобетонных смесях РА8 с использованием данного вяжущего модуль жесткости составил 4861 МПа, а для смесей SMA – 10 183 МПа. Эти значения больше на 5% и 17% соответственно по сравнению со смесями с базовым асфальтом 50/70 (4617 МПа и 8447 МПа). При повышении температуры с 5°C до 25°C, разница в значениях модулей жесткости ИТ-СУ между анализируемыми вяжущими составляет уже 29% для РА8 и 35% для SMA8. Такие большие изменения могут указывать на то, что благоприятные свойства модифицированных вяжущих проявляются в большей степени при более высоких рабочих температурах, придавая асфальтобетонным смесям более высокую несущую способность (жесткость). Благодаря модифицирующим добавкам в виде сополимера СБС в вяжущем формируется полимерная сеть, которая позволяет эффективно противодействовать температурным изменениям, а модификация битума резиновой крошкой при снижении температуры и возникновении тепловых напряжений в вяжущем придает ему большую эластичность, способствуя тем самым снижению образования низкотемпературного растрескивания дорожного покрытия в зимних условиях.

На основании проведенных исследований асфальтобетонных смесей с пониженным уровнем шума на воздействие синусоидальных нагрузок методом ИТ-СУ можно сделать следующие выводы:

1. Битум, модифицированный резиновой крошкой и сополимером СБС придает приготовленным с его использованием асфальтобетонным смесям высшие значения жесткости, тем самым позволяя переносить более высокие нагрузки без разрушения покрытия.
2. Асфальтобетонные смеси с использованием базового битума 50/70 имеют более высокую температурную чувствительность по сравнению с модифицированными битумами.
3. Модификация битума сополимером СБС позволяет сформировать полимерную сеть, которая эффективно противодействует температурным изменениям, а модификация резиновой крошкой при снижении температуры придает битуму большую эластичность.

#### Литература

1. Piłat J., Radziszewski P., Król J. Nowe technologie asfaltowe w budownictwie drogowym. Inżynier budownictwa, 2007. С. 72–77.
2. Gardziejczyk W. Hałaśliwość nawierzchni drogowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2018. С. 225.
3. Gardziejczyk W. Influence of Road Pavement Macrotexture on Tyre/Road Noise of Vehicles. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, T. 9, 2014. С. 180–190.
4. Gardziejczyk W., Plewa A., Pakholak R. Effect of Addition of Rubber Granulate and Type of Modified Binder on the Viscoelastic Properties of Stone Mastic Asphalt Reducing Tire/Road Noise (SMA LA). Materials, T. 13, 2020.
5. Pacholak R., Plewa A., Gardziejczyk W. Analysis of the Behavior of Low-Noise Asphalt Mixtures with Modified Binders under Sinusoidal Loading. Materials, T. 15, 2022.